

com. WO 01/52450

5

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04B 10/10



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00819317.7

[43] 公开日 2003 年 10 月 22 日

[11] 公开号 CN 1451210A

[22] 申请日 2000.12.26 [21] 申请号 00819317.7

[30] 优先权

[32] 2000.1.13 [33] US [31] 09/482,782

[86] 国际申请 PCT/US00/35198 2000.12.26

[87] 国际公布 WO01/52450 英 2001.7.19

[85] 进入国家阶段日期 2002.9.12

[71] 申请人 莱特卜印特通讯股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 H·威尔布兰特 M·阿舒尔

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

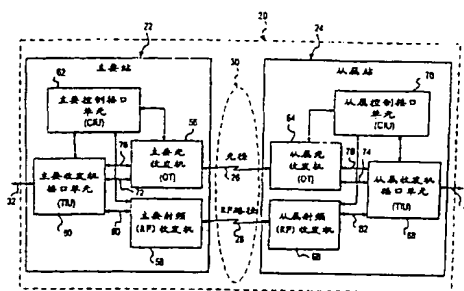
代理人 钱慰民

权利要求书 4 页 说明书 21 页 附图 8 页

[54] 发明名称 混合无线光和射频通信链路

[57] 摘要

一种混合无线光和射频(RF)通信链路使用并联的自由空间光和 RF 路径来发送数据以及控制和状态信息。光链路提供数据的主要路径,而 RF 链路提供用于网络数据的的同时的或备用的路径,以及用于控制和状态信息的可靠的和主要的路径。当大气条件降质到使光数据发送失效的程度时,混合通信链路切换到 RF 链路以维持数据传递的可用性。根据通过光径传递的光信号的质量估计,可以自动地发生切换。



1. 在通信链路中传递数据的一种方法，所述通信链路越过在链路的各终端处的两个站之间的地面自由空间区域延伸，所述方法包括下列步骤：

在光信号中传递数据，所述光信号是通过两个站之间的自由空间光径发送的；以及

在射频（RF）信号中传递数据，所述射频信号是当不在通过光径的光信号中发送数据时通过两个站之间的自由空间 RF 路径发送的。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在站之间传递控制和状态信息作为在 RF 路径中发送的 RF 信号。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在站之间连续地传递包含控制和状态信息的 RF 信号。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在站之间与包含数据的光信号的发送同时地传递包含控制和状态信息的 RF 信号。

5. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

根据控制和状态信息选择光径或 RF 路径中之一来传递数据；以及在所选择的路径中传递数据。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

检测从光径接收到的光信号的特征；

根据所检测的光信号的特征，选择光径或 RF 路径中之一来传递数据；以及在所选择的路径中传递数据。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

检测对于接收在光径中传递的光信号的一个失效作为用于选择路径的特征；以及

在检测到接收光信号失效时，在 RF 路径中传递数据。

8. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

检测在光径中传递的光信号的功率电平作为用于选择路径的特征；以及在光径中传递的光信号的功率电平降低到低于预定门限电平时，在 RF 路径中传递数据。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于：

检测功率电平的步骤检测在光径中传递的光信号的接收功率电平和发射功率电平作为用于选择路径的组合特征；以及

在光信号的接收功率电平降低到低于预定门限电平和光信号的发射功率电平正在约最大门限电平处时，在 RF 路径中传递数据。

10. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

检测在光径中传递的光信号的发送能力作为用于选择路径的特征；以及

在光径中传递的光信号的发送能力降低到低于在 RF 路径中传递 RF 信号的发送能力时，在 RF 路径中传递数据。

11. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在 RF 路径中传递数据的同时通过光径发送同步光信号。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在站之间传递控制和状态信息作为在 RF 路径中发送的 RF 信号；

把所接收同步信号的特征的信息包括在控制和状态信息中；以及

根据包括在控制和状态信息中描述所接收同步信号的特征的信息，把数据通信从 RF 路径切换到光径。

13. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在站之间传递控制和状态信息作为在 RF 路径中发送的 RF 信号；

在控制和状态信息中包括所检测的特征的信息；以及

根据包括在控制和状态信息中的所检测的特征信息，把数据通信从一个路径切换到另一个路径。

14. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

调节两个站通过光径发射光信号所用的光功率电平，以使所接收光功率电平保持在接收机可操作的预定最大电平和预定最小电平之间的窗口内。

15. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

调节两个站通过光径发射光信号所用的光功率电平到约相同的电平。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在站之间传递控制和状态信息作为在 RF 路径中发送的 RF 信号；

在两个站之间发送的控制和状态信息中发送光功率电平同步信息；以及

根据光功率电平同步信息，对于从两个站中的每个站发送的光信号建立相同的光功率电平。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

在发送光信号到其它站的一个站处产生控制和状态信息；以及

在控制和状态信息中包括表示一个量的调节信息，另一站通过所述量调节把光信号发送到一个站所用的光功率电平。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

根据包括在控制和状态信息中的调节信息，调节另一站把光信号发射到一个站所用的光功率电平。

19. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

调节一个站发送光信号所用的光功率电平，使调节量与一个站产生的调节信息表示的量相同。

20. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，进一步包括下列步骤：

根据提供给站的外部控制因子，选择用于传递数据的光径或 RF 路径中之一；以及

在所选择的路径中传递数据。

21. 用于在第一和第二站之间传递数据的一种混合无线光和射频（RF）通信链路，第一和第二站通过各自的第一和第二输入/输出（I/O）信号路径接收和传递数据，包括：

自由空间光链路部分，包括在第一站处的第一光收发机和在第二站处的第二光收发机，用于发送和接收它们之间包含数据的光信号；以及

与光链路部分并联的自由空间 RF 链路部分，包括在第一站处的第一 RF 收发机和在第二站处的第二 RF 收发机，用于发送和接收在它们之间包含数据的 RF 信号以及用于控制光和 RF 收发机的操作的控制和状态信息。

22. 如权利要求 21 所述的通信链路，其特征在于，进一步包括：

在第一站处连接到光链路部分、RF 链路部分以及第一 I/O 信号路径的第一交换机，在活动模式中，第一交换机选路在第一光收发机和第一 I/O 信号路径之间传递数据，而在等待模式中，第一交换机选路在第一 RF 收发机和第一 I/O 信号路径之间传递数据；以及

在第二站处连接到光链路部分、RF 链路部分以及第二 I/O 信号路径的第二交换机，在活动模式中，第二交换机选路在第二光收发机和第二 I/O 信号路径之间传递数据，而在等待模式中，第二交换机选路在第二 RF 收发机和第二 I/O 信号路径之间传递数据；以及

第一交换机响应控制和状态信息在活动模式和等待模式之间切换。

23. 如权利要求 22 所述的通信链路, 其特征在于:

光链路部分的第一或第二光收发机中之一产生表示光链路部分是否能有效地传递数据的发送状态信号。

24. 如权利要求 23 所述的通信链路, 其特征在于:

在控制和状态信息中包括发送状态信号; 以及

第一交换机响应发送状态信号在活动模式和等待模式之间切换。

25. 如权利要求 22 所述的通信链路, 其特征在于:

第一或第二交换机中之一根据不存在通过光链路部分发送的数据而从活动模式切换到等待模式。

26. 如权利要求 22 所述的通信链路, 其特征在于, 进一步包括:

控制和状态信息包括通过 RF 链路部分在第一和第二站之间来回发送的控制令牌分组, 并且所述控制令牌分组包含功率调节信息;

通过第一或第二光收发机中的一个发送光收发机产生功率调节信息;

功率调节信息表示第一或第二光收发机中另一个接收光收发机改变光发射功率电平的量, 所述接收光收发机应该按所述光发射功率电平把光信号发送到发送光收发机。

27. 如权利要求 26 所述的通信链路, 其特征在于:

接收光收发机通过改变接收光收发机发送光信号所用的光发射功率电平而响应包含在控制令牌分组中的功率调节信息的接收。

28. 如权利要求 26 所述的通信链路, 其特征在于:

发送光收发机使发送光收发机发送光信号所用的光发射功率电平改变的量与发送光收发机产生的功率调节信息表示的量相同。

29. 如权利要求 22 所述的通信链路, 其特征在于:

当光链路部分发送数据时, 第一和第二交换机在活动模式中操作; 以及

当光链路部分失效于发送数据时, 第一和第二交换机在等待模式中操作。

混合无线光和射频通信链路

发明领域

本发明涉及地面光和射频（RF）数据通信系统。尤其，本发明涉及新的和改进的方法和设备，用于通过具有自由空间光径和并联无线 RF 路径两者的通信链路传递数据。当合适的自由空间大气条件占优势时，经过较高容量的光径发送数据，而当自由空间大气条件使光径的效率降质到经过 RF 路径发送数据更有效的时刻时，就经过 RF 路径发送数据。在每种情况中，最好经过更可靠的 RF 路径发送控制和状态信息。

发明背景

通信业不但要求高速数据通信，而且还要求这些通信中的可靠性。在地面通信中，某些最普通的通信链路是有线线路、射频（RF）、光纤以及自由空间光学。在速度和可靠性方面，这些通信链路的每一种都具有不同的相对实力、弱点和折衷。一般，光学系统具有较高的通信数据速率、速度或带宽，而有线线路、RF 和光纤链路具有较高的可靠性。

虽然光纤链路能够既是高速的又是高可靠性的，但是它们具有缺点，即，需要在通信点之间物理安装光缆作为通信路径或媒体。有线链路也需要物理安装导线或电缆作为通信路径或媒体。然而，在许多情况中，在通信点之间安装物理电缆媒体是不现实的、不经济的或不可能的。在这些情况中，必须使用无线 RF 和/或自由空间光链路。

自由空间光链路通过光发射机和光接收机之间的大气发射光或激光束。自由空间光通信系统需要在通信点之间的清楚的视距路径，因为光或激光束在通信点之间以直线射出。在通信点之间的大气中，遭遇烟雾、灰尘、雾、雨、雪和大气中的任何其它粒子的光束会降质。这些粒子和物质折射或阻挡光束，使在接收通信点处达到不能可靠地接收到的程度。有时，大气条件可能如此严重地降低通信点之间的光束质量，使自由空间光学完全不能工作，或使通信速率减小到不可接受的程度。

无线 RF 通信链路包括在通信点之间广播携带通信数据的 RF 信号。虽然一般

RF 广播能够以比光信号较低的速率发送数据，但是通常广播 RF 信号是更可靠的。广播 RF 信号不会因为遭受导致自由空间的光发射降质的大气条件而相同地降质。虽然诸如微波系统之类的某些 RF 系统是要求无阻挡的视距发送路径的，但是在空气中的粒子和物质不会导致相当大的 RF 信号降质。因此，RF 通信可以在自由空间光发射不能够可靠地操作的条件下可靠地操作，从而虽然按稍微较低的数据传递速率，但是较大地保证提供正确度和有效的数据发送。

本发明已经相对于这些和其它考虑进行研究。

发明概要

本发明包括混合无线光和射频（RF）通信链路或系统。在链路的相对端处的光收发机提供用于数据的主要通信的光径，而 RF 收发机主要提供光和 RF 收发机之间的控制和状态信息的通信路径。在导致数据的光通信严重降质或完全失效的大气条件下，使数据通信自动地切换到 RF 路径。虽然当经过 RF 路径发送数据时可能降低总的通信速度，但是在所有条件下保持通信链路，而不是在大气条件对光数据通信有负面影响期间使数据通信悬空。

RF 收发机之间的 RF 路径的存在提供了控制和状态信息的高可靠通信，不管是经过光径还是经过 RF 路径传递数据。因此，有可能传递控制和状态信息，以更好地控制光收发机和它们的光信号发射，即使当由于变差的自由空间大气条件而光链路正处于不是最佳的操作中时。

在用于在通信链路中传递数据的一种改进方法中得到这些和其它的改进，所述通信链路越过链路的各终端处的两个站之间的地面自由空间区域而延伸。所述方法包括在光信号中传递数据，所述光信号是通过在两个站之间的自由空间光径发送的，并当不是通过光径在光信号中发送数据时，在通过两个站之间的自由空间 RF 路径发送的射频（RF）信号中传递数据。任何时候当使用光径有利时，就使用光链路来发送数据，任何时候当光径中的大气条件导致光径使光信号的发送失效或降质时，就使用 RF 链路。通过所发送光信号的接收失败或通过已经降质的光信号（所述光信号已经降质到难以可靠地区分包含在光信号中的信息的程度）的接收来识别光径的失效或降质。经过 RF 路径在光收发机之间传递控制和状态信息，以传递光信号已经失效或降质的信号。即使当 RF 正在传递数据时，最好不断尝试在通信点之间发送光信号，以确定何时再建立光径，所述光径用于可靠地传递用光信号的数据发送。最好两个站轮流产生和发送控制和状态信息，并把它发

送到另一站。控制和状态信息包括表示量的信息，通过该量，一个站可以根据另一站的接收功率的估计来改变它的光发射功率，从而保持有效的光通信，而两个站的功率电平没有振荡。

在用于在第一和第二站之间传递数据的混合无线光和射频（RF）通信链路中也得到上述的和其它的改进，其中，第一和第二站通过各自的第一和第二输入/输出（I/O）信号路径接收和传递数据。混合通信链路包括自由空间光链路部分，所述自由空间光链路部分包括在第一站处的第一光收发机和在第二站处的第二光收发机，用于发送和接收它们之间包含数据的光信号。混合通信链路还包括与光链路部分并联的自由空间 RF 链路部分，并包括在第一站处的第一 RF 收发机和在第二站处的第二 RF 收发机，用于发送和接收它们之间包含数据的 RF 信号以及控制光和 RF 收发机的操作的控制和状态信息。控制和状态信息控制光收发机的功能，而不降低用于发送和接收包含在光信号中的数据的光收发机的容量或带宽。此外，当由于大气影响使光径失效或降质时，选路传递数据，使之通过 RF 收发机在 RF 路径上发送。即使 RF 路径的数据传递能力比光径的数据传递能力差，仍可以传递在失效或降质光径禁止数据传递情况下的数据。

混合通信链路接收来自输入/输出（I/O）信号路径的待经过光和 RF 路径发送的数据，并且混合链路把它接收的来自光和 RF 路径的数据传递到 I/O 信号路径。在终端通信链路处的站中的交换机在操作的活动模式中对在光链路和 I/O 信号路径之间的数据选路，并在操作的等待模式中对在 RF 链路和 I/O 信号路径之间的数据选路。产生发送状态信号作为控制和状态信息的一部分，并且发送状态信号表示光链路是否能有效地发送数据。交换机响应发送状态信号以建立操作的活动模式或操作的等待模式。还识别光径中不存在光信号，并使交换机从操作的活动模式转到操作的等待模式。

参考下面结合附图的本发明当前较佳实施例的下述详细描述，可以得到对于本发明和本发明的范围、以及本发明获得上述改进所使用的方法的更完整的理解，这些都简单地归纳在下面和所附的权利要求书中。

附图简述

图 1 是结合本发明的混合无线光和射频（RF）通信链路的方框图。

图 2 是在图 1 的混合通信链路中使用的控制令牌分组的数据结构的示意图。

图 3 是在图 1 中示出的混合通信链路的更详细的方框图。

图 4 是在图 3 中示出的混合通信链路的主光收发机和从属光收发机的更详细的方框图。

图 5 是在图 3 中示出的混合通信链路的主收发机接口单元 (TIU) 的更详细的方框图。

图 6 是在图 3 中示出的混合通信链路的从属收发机接口单元 (TIU) 的更详细的方框图。

图 7 是功率控制过程的流程图, 主站和从属站执行上述过程来调节在图 3 中示出的光收发机的发射光功率电平, 以及收集包含在图 2 中示出的控制分组中的控制和状态信息。

图 8 是在图 5 中示出的主收发机接口单元执行的过程的流程图, 用于把在图 3 中示出的混合通信链路的数据发送从光径切换到 RF 路径。

图 9 是在图 6 中示出的从属收发机接口单元执行的过程的一般流程图, 用于把在图 3 中示出的混合通信链路的数据发送从光径切换到 RF 路径。

详细说明

在图 1 中示出混合无线光和射频 (RF) 通信链路 (混合链路) 20。混合链路 20 把自由空间光通信技术 (最好是达到每秒许多千兆比特的激光系统) 和高速 RF 技术 (最好是微波) 相结合, 以得到无线地面混合激光/微波通信链路, 用于在站 22 和 24 处的混合链路 20 的两个通信终端一点之间的数据通信。这两种无线通信技术 (光和 RF) 在混合链路 20 中的结合增加了远距离 (例如, 超过 1—2 英里的距离) 点—对—点无线通信的统计可用性或可靠性。

最好, 混合链路 20 一般包括主混合通信站 (主站) 22 和从属混合通信站 (从属站) 24。在光径 26 中发射诸如激光束之类的光信号, 而在 RF 路径 28 中广播诸如微波信号之类的 RF 信号。越过主站 22 和从属站 24 之间的地面自由空间区域 30, 在光径 26 中发射光信号, 以及在 RF 路径 28 中发射 RF 信号。从而在两个站 22 和 24 之间传递包含在光和 RF 信号中的数据。输入/输出 (I/O) 信号路径 32 和 34 分别把主和从属站 22 和 24 连接到其它通信站 (未示出) 或装置, 从而把混合链路 20 连接到较大的通信网或系统。在一个站 22 或 24 处从 I/O 信号路径 32 和 34 得到在光和 RF 信号中发送的数据, 并在通过混合链路 20 通信之后在另一个站 24 或 22 处经过 I/O 信号路径 34 和 32 传递。I/O 信号路径 32 和 34 可以是在通信网或系统中的数据信号的任何源或传递路径。例如, I/O 信号路径可以是把主要和

从属站 22 和 24 连接到相同位置处的其它无线站的光纤或有线信道,从而,使混合链路 20 成为在通信网或系统中一系列这种混合链路 20 中的中继器。另一方面, I/O 信号路径 32 和 34 可以是到远处的基于陆地的通信站中的基于陆地的光纤或无线通信链路的一部分。经过混合链路 20 的数据通信可以包括任何类型的用户数据或信息。

光径 26 的作用是作为在操作的活动模式中在主要和从属站 22 和 24 之间发送数据的主要的或较佳的通信路径。RF 路径 28 的作用是作为用于控制站 22 和 24 的操作的控制和状态信息的主要的或较佳的通信路径。RF 路径 28 还有作为在操作的等待模式中的可靠备用数据通信路径的作用。在等待模式中,因为通常由于降质的大气或其它影响(诸如雨、雾、烟雾、雪、灰尘等的光折射影响之类的影响,或在地面自由空间区域 30 中的其它严重的气候条件的影响),在通过站 22 和 24 之间的自由空间区域 30 成功地发送或可靠地传递光信号中,光径 26 已经失效,但是也因为在混合链路 20 的光链路部分中的设备的可能机械或功能故障,所以 RF 路径 28 携带数据。RF 路径 28 在活动 and 等待两种模式中交换在主要和从属站 22 和 24 之间的控制和状态信息,另一方面在等待模式中发送数据。

在活动 and 等待两种模式中,主要站 22 不断地监测通过光径 26 从从属站 24 接收到的信号的接收光功率电平,反之亦然。根据接收到的光功率电平信息,每个站 22 和 24 计算一个量,另一站 24 或 22 需要通过这个量来调节它在光径 26 中最佳光通信的发射光功率电平。此外,最好主要和从属站 22 和 24 以相同的光功率电平发射。作为控制和状态信息的一部分,主要和从属站 22 和 24 共享关于接收的光功率电平、发射的光功率电平以及计算的功率调节的信息,以便确认必需的调节和保持相同的发射光功率电平。把当主要和从属站 22 和 24 两者正在以相同的功率电平发射光信号时的这种条件成为“对称”。

主要和从属站 22 和 24 的发射功率电平的对称允许每个站 22 或 24 立刻判定光径 26 是否已经失效或降质到不可靠或无效的程度。当一个站 22 或 24 检测到接收的光功率电平在相当的最小门限值以下,而它自己发射的光功率电平是最大(由于对称,意味着另一站的发射光功率电平也是最大)时,则在地面自由空间区域 30 中的负面条件已经降质。在按比 RF 路径 28 中广播 RF 信号时传递数据的速率较高的数据速率发送数据中,不再认为光径 26 是可靠的或有效的。这里把这个条件称为光径 26 的“失效”。根据光径的失效,混合链路 20 切换到等待模式,在等待模式中,通过 RF 路径 28 传递数据。即使通过 RF 路径 28 在 RF 信号中传递数据,

在操作的等待模式中继续在光径 26 中发送光信号，主要和从属站 22 和 24 在等待模式中还继续监测在光径 26 中的光信号的接收光功率电平。通过在操作的等待模式期间不断地监测在光径 26 中的光信号，根据在自由空间区域 30 中的负面影响的消除，混合链路 20 可以切换回活动模式，以允许在光径 26 中的可靠的数据光通信。在主要和从属站 22 和 24 之间不断共享 RF 路径 28 中发送的控制和状态信息中关于光失效的信息，以致两个站 22 和 24 以不丢失数据的方式进行活动模式和等待模式之间的切换。

主要和从属站 22 和 24 通过在站之间来回传递控制令牌分组 36 而共享控制和状态信息，在图 2 中示出所述控制令牌分组 36 的示例数据结构。控制分组 36 包括标头字段 38 和内容字段 40。特定的标头字段 38 与所使用的特定的通信协议有关。在本例子中，控制分组 36 表示用于异步传递模式 (ATM) 切换协议的分组。因此，根据 ATM 协议标准设置标头字段 38 的内容。光径和 RF 路径 26 和 28 中的光和 RF 网数据信号的处理独立于，或透明于，发送数据所使用的协议。然而，在控制分组 36 中的控制和状态信息的封装有赖于混合链路 20 所使用的通信协议。标准互联网协议切换协议是这种已知协议的另一个例子。

ATM 协议能够传递业务的质量，以及使话音、数据、视频和图象通信系统的延迟最优化。因此，认为是表示当前一体化的技术。ATM 协议是可定标的，通过 WAN (广域网) 从 LAN (局域网) 到 LAN 传送标准 53 一字节的存储单元。还可以在公共和专用 WAN 上使用 ATM 协议。53 一字节存储单元包括 5 一字节标头 (标头字段 38) 以及信息的 48 字节的有效负荷 (内容字段 40)。一般，标头字段 38 包括目的地、有效负荷类型、优先级以及差错校验字段。用有效负荷类型字段设置成 001，或用指示控制分组 36 的某些其它唯一的识别符，把控制和状态信息封装到一个 ATM 分组 (控制分组 36) 中。使用 48 一字节有效负荷 (内容字段 40) 来传送主要和从属站 22 和 24 之间的其它控制和状态信息 (图 1)。

理想地，在主要和从属站 22 和 24 之间传递控制分组 36 所按照的速率应该与光径 26 的质量正在变化得多快有关。然而，如果是小尺寸的控制分组 36 (53 字节)，则它的发送将消耗 RF 路径 28 的不明显的带宽量。因此，可以按恒定速率，或按其它预定的时间间隔来回传递控制分组 36。

最好，内容字段 40 包括控制分组识别 (ID) 字段 42、矛盾解决字段 44、光失效字段 46、功率调节字段 48、功率调节量字段 50、总接收功率字段 52 以及总发射功率字段 54。控制分组 ID 字段 42 识别包括该字段的 ATM 分组。

最好，矛盾解决字段 44 是单个比特，当存在两个控制分组 36 时允许主要和从属站 22 和 24（图 1）解决矛盾。在正常操作下，在主要和从属站 22 和 24 之间只有一个控制分组 36 流动。然而，在初始化模式期间，最好，主要和从属站 22 和 24 两者都产生一个控制分组 36，所以必须解决短暂存在的两个控制分组 36。在活动或等待模式中的正常操作期间，主要和从属站 22 和 24 来回传递带有设置成“操作的”状态或指示符（例如，a1）的矛盾解决字段 44 的单个控制分组 36。然而，在初始化模式中，主要和从属站 22 和 24 两者都产生带有设置成“初始”状态或指示符（例如，a0）的矛盾解决字段 44 的控制分组 36，但是，在选路把控制分组 36 传递到从属站 24 之前，主要站 22 接着把在它的控制分组 36 中的矛盾解决字段 44 从初始状态改变到操作的状态，如下面相应于图 3 所述。主要和从属站 22 和 24 两者都丢弃包含设置成初始状态的矛盾解决字段 44 的任何接收到的控制分组 36。因此，主要站 22 丢弃在初始化时接收到的第一控制分组 36。另一方面，从属站 24 接收和处理来自主要站 22 的第一控制分组 36，由于主要站 22 把它第一个产生的控制分组的矛盾解决字段 44 设置成操作的状态。因此，事后在混合链路 20（图 1）中只来回传递一个控制分组 36。如果在预定暂停周期中主要和从属站 22 和 24 没有从其它站接收到控制分组 36，则主要和从属站 22 和 24 每一个都再产生控制分组 36。这个暂停周期可以是用户配置的。

最好，光失效字段 46 是单个比特的，它表示光径 26（图 1）的发送状态，即，光径 26 是功能正确的还是已经失效。任何时候当主要或从属站 22 或 24 已经拥有控制分组 36，和不能检测在光径 26 中的正确信号，并且它正在以它最大的光功率电平发射时，主要或从属站 22 或 24 就把光失效字段 46 设置成“失效”状态或指示符。另一方面，任何时候当主要或从属站 22 或 24 已经拥有控制分组 36，和能够检测在光径 26 中的正确信号，主要或从属站 22 或 24 就把光失效字段 46 设置成“正确”状态或指示符。当在活动模式中，并且光失效字段 46 设置成失效状态时，混合链路 20（图 1）从操作的活动模式切换到操作的等待模式，其中，经过 RF 路径 28（图 1）传递数据。当在等待模式中，并且接收到的控制分组具有设置成正确状态的光失效字段 46 时，混合链路 20 从等待模式切换到活动模式。

最好，功率调节字段 48 是由发送控制分组 36 的站设置的两个比特，设置成表示在接收站处的发射光功率电平是否需要保持不变、递减或递增。最好，功率调节量字段 50 是表示量的数个比特，发送站正在通过所述量命令接收站调节它的发射光功率电平。因此，当接收站接收到包含表示功率电平需要增加或降低的功

率调节字段 48 的控制分组 36, 并且接收站同时发生应该增加或降低的功率电平时, 接收站根据功率调节量字段 50 表示的量更新它的发射光功率电平。

最好, 总接收功率字段 52 是表示在光径 26 (图 1) 中所接收信号的光功率电平的数个比特。根据控制分组 36 的接收, 最好接收站对所包括的总接收功率字段 52 和它的本地发射光功率电平和/或本地接收光功率电平进行比较, 以进一步确认用以调节的发射光功率电平所按照的任何量。

最好, 总发射功率字段 54 是表示光功率电平的数个比特, 发送控制分组 36 的站用所述光功率电平正在光径 26 (图 1) 中发送信号。用总发射功率字段 54, 接收站可以对在光径 26 中发送信号所用的光功率电平与发送站正在光径 26 中发送信号所用的光功率电平进行比较, 以及可以使光功率电平同步, 或确认操作的功率电平对称。

在图 3 中示出关于混合链路 20 的更多的细节。主要站 22 一般包括主要光收发机 (OT) 56、主要 RF 收发机 58、主要收发机接口单元 (TIU) 60 以及主要控制接口单元 (CIU) 62。同样, 从属站 24 一般包括从属 OT 64、从属 RF 收发机 66、从属 TIU 68 以及从属 CIU 70。

主要和从属 OT 56 和 64 通过经过地面自由空间区域 30 发射或引导的在光径 26 中的光束相互通信。因此, 主要和从属 OT 56 和 64 以及光径 26 一般形成混合链路 20 的光链路部分。同样, 主要和从属 RF 收发机 58 和 66 通过越过地面自由空间区域 30 在 RF 路径 28 中广播的 RF 信号相互通信。因此, 主要和从属 RF 收发机 58 和 66 和 RF 路径 28 一般形成混合链路 20 的 RF 链路部分。混合链路 20 的 RF 链路部分与光链路部分并联地进行通信。RF 和光链路部分两者都连接到和利用主要站 22 的主要 TIU 60 和主要 CIU 62 以及从属站 24 的从属 TIU 68 和从属 CIU。

主要和从属 OT 56 和 64 对在光径 26 中的光束进行处理和放大, 用于发射和接收。主要和从属 OT 56 和 64 还分析从相对的站接收到的控制分组 36 (图 2) 的内容字段 40 的控制和状态信息。根据控制分组 36 的接收, 主要 OT 56 对它的光发射功率与包含在总发射功率字段 54 (图 2) 中的总发射功率信息 (它是从属 OT 64 包括在控制分组 36 中的) 进行比较, 以及反之, 以便保持对称的功率操作。根据其它站的接收光功率 (携带在所接收控制分组 36 的总接收功率字段 52 中) 的估计, 主要和从属 OT 56 和 64 调节它们在光径 26 中发射光束所用的光功率电平。始终更新在主要和从属 OT 56 和 64 处的控制分组 36。主要和从属 OT 56 和 64 用新的控制数据更新控制分组 36 的内容字段 40, 所述新的控制数据是从估计所接

收光束的光功率电平以及它们的发射光功率电平而收集的，并将更新的控制分组 36 提供给他们相应的主要或从属 TIU 60 或 68，用于通过选路传递到相对的站。

当光束 26 功能正确，信号强度和完整性没有过度的大气降质时，即，在活动模式中时，主要或从属 TIU 60 或 68 分别经过光数据 I/O 总线 72 和 74 通过选路把数据传递到它们相应的主要和从属 OT 56 和 64。主要或从属 TIU 60 或 68 还分别通过控制总线 76 和 78 接收来自它们相应的主要或从属 OT 56 和 64 的控制分组 36（图 2）。主要或从属 TIU 60 或 68 分别经由 RF 数据 I/O 总线 80 和 82 通过选路把在数据流中的控制分组 36 传递到它们相应的主要或从属 RF 发射机 58 和 66，用于发送到接收站。主要或从属 TIU 60 或 68 从来自它们相应的 RF 收发机 58 和 66 的到达数据流录取控制分组 36。

当包含在控制分组 36（图 2）中的控制和状态信息表示光径 26 中的失效时，或当不存在通过光径 26 输入的数据时，主要或从属 TIU 60 或 68 还把数据发送无缝地切换到它们相应的 RF 收发机 58 和 66。另一方面，主要或从属 TIU 60 或 68 可以通过选路同时把数据传递到相应的主要和从属 OT 56 和 64 或相应的主要和从属 RF 收发机 58 和 66，从而保证在活动模式中的高速通信。既然是这样，当光径 26 失效时，主要或从属 TIU 60 或 68 通过相应的主要和从属 RF 收发机 58 和 66 通过选路传递数据，从而，保证在等待模式中的通信可用性。

选路把由主要 OT 56 或从属 OT 64 始发的控制分组 36 传递到用于处理的主要 TIU 60。选路把从属 TIU 68 通过它的从属 RF 收发机 66 接收的控制分组 36 传递到所连接的从属 OT 64 而无需任何进一步的处理。因此，主要 TIU 60 处理在混合链路 20 的两个终端处产生的控制分组 36。主要 TIU 60 读出光失效字段 46 以执行活动一到一等待切换。如果主要或从属站 22 或 24 警告光失效，则主要 TIU 60 开始活动一到一等待模式切换过程。主要 TIU 60 还处理矛盾解决字段 44 以保持继续使用一个控制分组 36。

从属 TIU 68 检测何时沿它的光数据 I/O 总线 74 没有活动，并得出主要 TIU 60 已经开始活动一到一等待模式切换过程的结论。既然是这样，从属 TIU 68 把数据切换到 RF 路径 28。

混合链路 20 与结合到整个混合链路 20 中的 RF 收发机 58 和 66 的规格无关。因此，混合链路 20 具有容纳多种传统可得到的 RF 系统装置的灵活性。例如，军队用户可以结合军队专用无线电系统，这些系统使用 FCC 分配的专用频率。此外，持有 RF 许可证的无线业务提供者能够使用设计成在许可的 RF 波长中操作的 RF 收

发机。

当主要 RF 收发机 58 接收来自主要 TIU 60 的数据和/或控制分组 36 时, 主要 RF 收发机 58 准备它用于作为 RF 信号广播。从属 RF 收发机 66 在接收侧检测 RF 信号, 并在把 RF 信号发送到从属 TIU 68 之前对它进行处理, 以恢复发送的数字信号 (即, 数据和控制分组 36)。对于相对方向流动的 RF 通信数据和控制分组发生相似的过程。

在数据通过光径 26 在两个方向上流动的同时, RF 路径 28 的作用是作为可靠的路径, 以发送和接收在控制分组 36 (图 2) 中的控制和状态信息。在严峻的气候条件下, 无线 RF 链路要比无线光链路可靠得多。因此, 虽然在可以通过自由空间区域 30 (图 1) 传递高质量光信号的条件, 或当在混合链路 20 的 RF 链路部分中已经存在设备失效或功能失效时, 可以使用光径 26 来携带控制和状态信息, 但是最好混合链路 20 的 RF 链路部分在所有时间中都携带控制和状态信息。

在图 4 中示出关于混合链路 20 的光链路部分的更多的细节, 所述混合链路 20 包括主要 OT 56 和从属 OT 64。主要和从属 OT 56 和 64 可以是全一光学装置或可以结合任何传统的光电转换。使用后者来结合纠错码以及可能的专用标头插入。最好, 光链路部分使用自适应功率控制技术, 使在光径 26 中的通信最优化。

一般, 主要 OT 56 和从属 OT 64 在结构和操作上是相似的。主要 OT 56 和从属 OT 64 分别包括光接收孔径 88 和 90、光前置放大器 92 和 94、信道估计单元 96 和 98、控制分组发生器 100 和 102、发射功率更新单元 104 和 106 以及光发射机 108 和 110。到这些单元中的每一个的控制线路 (未示出) 允许主要和从属 CIU 62 和 70 (图 3) 把合适的控制信号提供给这些单元。一般, 通过地面自由空间区域 30 的光径 26 包括光发射机 108 发射的和光接收孔径 90 接收的主一到一从光束 112, 以及光发射机 110 发射的和光接收孔径 88 接收的从一到一主光束 114。

由于一般主要 OT 56 和从属 OT 64 是相似的, 所以只描述主要 OT 56 的单元和功能。相同的描述可以应用于从属 OT 64 的相应单元。光接收孔径 88 接收从一到一主光束 114, 并把它发送到光前置放大器 92。光前置放大器 92 按需要放大从一到一主光束 114, 根据从一到一主光束 114 的信号强度或功率来检测包含数据的可区分的通信信号。根据所接收光功率的光功率电平, 只在主要 OT 56 中本地地调节光前置放大器 92。在数据输出路径 116 上把经放大光束传递到主要 TIU 60 (图 3) (或到从属 TIU 68 (图 4) 的数据输出路径 116)。把光前置放大器 92 连接到信道估计单元 96, 以提供表示从一到一主光束 114 的功率电平的信号或产生

经放大光束所需要的放大量。信道估计单元 96 从这个信息判定从一到一主光束 114 的质量，并把这个信息发送到控制分组发生器 100 和发射功率更新单元 104。信道估计单元 96 在传统的现场可编程门阵列（FPGA）中或在与控制主要 OT 56 的传统微处理器（未示出）组合工作的传统 DSP 中执行传统的数字信号处理器（DSP）算法。

发射功率更新单元 104 接收来自信道估计单元 96 的光束质量信号以及来自控制数据输入路径 118 的控制分组 36（图 2）。根据来自信道估计单元 96 的光束质量信号以及包含在功率调节字段 48（图 2）中的和控制分组 36 的功率调节量字段 50（图 2）中的信息，发射功率更新单元 104 判定功率量，如果有任何功率量，则光发射机 108 通过该功率量来调节在数据一输入路径 120 上的输入光信号，以形成输出主一到一从光束 112。因此，当发射功率更新单元 104（图 4）接收包含表示需要增加或降低发射光功率的功率调节字段 48 的控制分组 36 以及来自信道估计单元 96 的光束质量信号提供同时发生的估计时，发射功率更新单元 104 就把信号提供给光发射机 108，以根据功率调节量字段 50 指示的量来更新发射光功率电平。光发射机 108 可能不允许连续的功率调节，所以可以通过小步长增量来执行功率调节。发射功率更新单元 104 在传统的现场可编程门阵列（FPGA）中或在与控制主要 OT 56 的传统微处理器（未示出）组合工作的传统 DSP 中执行传统的数字信号处理器（DSP）算法。

光发射机 108 在来自主要 TIU 60（图 3）的数据一输入路径 120 上（或来自从属 TIU 68（图 4）的数据一输入路径 120 上）接收输入光信号。一般，数据一输出路径 116 和数据一输入路径 120 形成连接到主要 TIU 60 的光数据 I/O 总线 72（或连接到从属 TIU 68 的光数据 I/O 总线 74）。

控制分组发生器 100 接收来自信道估计单元 96 的光束质量信号以及来自发射功率更新单元 104 的功率调节数据，并产生控制分组 36（图 2）。控制分组发生器 100 建立控制分组 36，并把它提供在控制数据输出路径 122 上。一般，控制数据输入路径 118 和控制数据输出路径 122 形成控制总线 76（或控制总线 78）。控制分组发生器 100 在传统的现场可编程门阵列（FPGA）中或在与控制主要 OT 56 的传统微处理器（未示出）组合工作的传统 DSP 中执行传统的数字信号处理器（DSP）算法。

例如，在严峻的气候条件下，主要或从属 OT 56 或 64 可以检测来自光径 26 的光信号的降质，而同时使用它的最高光发射功率发送。在这种情况下，如果主

要 OT 56 检测到光束降质, 则主要 OT 56 把控制分组 36 (图 2) 中的光失效字段 46 (图 2) 设置成“失效”状态, 并通过控制总线 76 把控制分组 36 提供给主要 TIU 60 (图 3)。否则, 如果从属 OT 64 检测到光束降质, 则从属 OT 64 把光失效字段 46 设置成“失效”状态, 并且选路通过从属 TIU 68 (图 3) 把控制分组 36 传递到从属 RF 收发机 66 (图 3) 以及传递到主要 TIU 60。主要 TIU 60 处理来自主要或从属站的控制分组 36, 以把数据通信切换到混合链路 20 的 RF 链路部分, 从而当检测到光链路失效或降质时, 建立操作的等待模式。然后, 从属 OT 64 停止接收来自光径 26 的数据, 所以从属 TIU 68 检测到在它的光数据 I/O 总线 74 上不存在活动, 并把数据切换到混合链路 20 的 RF 链路部分, 从而也建立操作的等待模式。

对于在主要站 22 中始发的控制分组 36 (图 2), 主要 RF 收发机 58 把控制分组 36 发送到从属 RF 收发机 66, 从属 RF 收发机 66 把控制分组 36 传递到从属 TIU 68 (图 3)。大概已经切换到等待模式的从属 TIU 68 选路把控制分组 36 传递到用于处理的从属 OT 64。

当数据通过 RF 路径 28 流动时, 混合链路 20 通过控制分组 36 (图 2) 继续在主要站和从属站之间传递控制和状态信息。当光径 26 示出比它的失效条件有所改进时, 继续传递控制分组 36 允许混合链路 20 切换而回到活动模式。在选路通过 RF 路径 28 传递数据的同时, 主要和从属 OT 56 和 64 试图按与用光传递数据所使用的频率相似的频率来交换同步比特流而监测光径 26 的性能。主要和从属 OT 56 和 64 产生同步比特流, 但是不发送到主要和从属 TIU 60 和 68。在初始化期间也使用同步比特流, 在主要和从属 OT 56 和 64 之间传递数据之前对准主要和从属 OT 56 和 64。

最好, 主要 OT 56 和主要 RF 收发机 58 (图 3) 把功率始终相似地、对称地传递到从属 OT 64 (图 3) 和从属 RF 收发机 66 (图 3), 以及反之。此外, 在活动模式和等待模式之间的所有切换都是无缝地发生的和没有数据丢失。

在正常操作和正常气候条件下, 主要和从属 TIU 60 和 68 分别选路传递数据到和从主要和从属 OT 56 和 64 (图 3)。然而, 在初始化期间, 主要和从属 OT 56 和 64 使用最大光功率发射同步比特流。此后, 根据在每个站 22 和 24 处接收的光功率的量, 主要和从属 OT 56 和 64 分别调节它们的光发射机 108 和 110 的发射光功率电平, 以便分别使接收光前置放大器 94 和 92 不致饱和。如上所述, 由于混合链路 20 的光链路部分的对称功率控制特性, 主要和从属 OT 56 和 64 两者都使

用相同的光功率电平进行操作。

一旦在初始化中使混合链路 20 的光链路部分最优化,主要和从属 OT 56 和 64 两者就建立控制分组,并分别使用控制总线 76 和 78 把它分别发送到主要和从属 TIU 60 和 68。在等待接收控制分组 36 的同时,主要和从属 OT 56 和 64 使用所接收光功率电平保持对光径 26 的监测。如上所述,在接收、处理和更新控制分组 36 的内容之后,主要和从属 OT 56 和 64 调节它们的发射功率电平。

RF 路径 28 提供使主要和从属 OT 56 和 64 (图 3) 同步的可靠通路,致使每一个调节它的功率,而同时另一个在等待轮到它。在这种情况下,主要和从属 OT 56 和 64 的每一个只有当保持控制分组时才调节它的发射功率电平。因此,控制分组的作用是使主要和从属站之间的功率调节同步,并允许主要和从属 OT 56 和 64 的每一个根据另一 OT 64 或 56 的接收电平同步地调节它的发射功率电平。

在更新光发射机 108 和 110 (图 4) 的发射光功率的另外技术中,主要或从属 OT 56 或 64 (图 3) 只根据光接收机 88 和 90 (图 4) 接收到的光功率来更新它的发射功率。然而,当主要或从属 OT 56 或 64 中之一在根据接收光功率调节它的发射功率电平的过程中时,主要或从属 OT 56 或 64 中的另一个可能在相对方向上调节它的发射功率的过程中。因此,混合链路 20 (图 1) 可能陷入振荡模式,其中,主要和从属 OT 56 和 64 保持来回地调节它们的发射功率电平。这种情况降低了混合链路 20 的斜率,因此并不好。

在如上所述的初始化中,主要和从属 OT 56 和 64 的每一个产生控制分组 36,而且每个 OT 起初把矛盾解决字段 68 设置成“初始”状态。每个 OT 分别发送控制分组 36,用于选路传递到另一站。在初始化之后的活动或等待模式操作期间,主要和从属 OT 56 和 64 保证控制分组具有设置成“操作的”状态的矛盾解决字段 44。主要和从属 OT 56 和 64 还废弃包括把矛盾解决字段 44 设置成“初始”状态的任何接收到的控制分组。因此,主要 OT 56 废弃从从属 OT 64 接收的第一控制分组 36。另一方面,从属 OT 64 接收和处理来自主要 OT 56 的第一控制分组 36,因为主要站 22 把在这个控制分组中的矛盾解决字段 44 改变成“操作的”状态。此外,如果在预定时间帧中主要和从属 OT 56 和 64 的每一个没有从对方接收到控制分组 36,则它再产生控制分组 36。

可以通过外部施加的控制信号,以及以刚才描述的方法通过内部估计光径中的光束质量的结果,来控制混合链路 20,使之在操作的活动模式和等待模式之间切换。主要和从属 CIU 62 和 70 可以包括计算机、调制解调器或提供切换操作模

式的外部控制信号的其它类型的网络控制和监测装置。因此，可以通过本地或远程系统控制器来监测和控制混合链路 20。当把混合链路 20 配置成外部控制时，主要和从属 CIU 62 和 70 命令主要和从属 TIU 60 和 68、主要和从属 OT 56 和 64 以及主要和从属 RF 收发机 58 和 66（图 3）监测和控制混合链路 20。此外，主要 TIU 60 保持主要 CIU 62 可以访问的最近控制分组 36 的更新拷贝。因此，主要和从属 CIU 62 和 70 分别命令主要和从属 TIU 60 和 68 执行活动模式和等待模式之间的切换。为了系统维修、设备升级或与在光径中的数据发送的信息有关的其它原因，主要和/或从属 CIU 62 或 70 可以发出命令以切换到等待模式和从等待模式切换。然而，当内部控制混合链路 20 时，在由于严峻气候条件或主要或从属 OT 56 或 64 的失效而光束失效或降质时，自动发生从活动模式到等待模式的切换。当在自由空间区域 30 中的大气条件恢复到通过光径 26 传递光信号足以提供可靠性和有效性时，自动发生回到活动模式的切换。因此，主要和从属 CIU 62 和 70 起命令主要和从属 TIU 60 和 68、主要和从属 OT 56 和 64 以及主要和从属 RF 收发机 58 和 66 的远程控制接口单元的作用。对于支持混合链路 20 的模块化实施，具有主要 CIU62 和从属 CIU70 两者在通信路径的两个终端处提供独立控制是有用的，其中，每个站 22 和 24 是独立地操作的。

可以以不同方法来实施混合链路 20。可以使用主要和从属 CIU 62 和 70（图 3）作为远程控制单元接口，以配置、保持和控制主要和从属 OT 56 和 64（图 3）。在没有混合链路 20 或主要和/或从属 TIU 60 和/或 68 的 RF 链路部分时，用户将根据主要和从属 OT 56 和 64 之间的距离分别配置光放大器和光发射机 108 和 110（图 4）的前置放大器电平以及光前置放大器 92 和 94（图 4）。

在另一种另外的实施中，RF 路径 28 可以携带与光径 26 携带的数据无关的数据。换言之，对于数据通信，同时充分利用光径 26 和 RF 路径 28 两者。既然是这样，可以安装混合链路 20 而无需存在主要或从属 TIU 60 或 68（图 3）。既然是这样，主要和从属 OT 56 和 64（图 3）独立于主要和从属 RF 收发机 58 和 66 而操作。因此，主要 OT 56 或从属 OT 64 都不产生控制分组 36。

在图 5 中示出关于主要 TIU 60 的更多细节。一般，主要 TIU 60 包括交换机 124、多路复用器 125、去复用器 126、微处理器 127 以及缓冲器 128。控制线路（未示出）一般把主要 CIU 62（图 3）连接到微处理器 127，以致主要 CIU 62 可以对主要 TIU 60 进行远程控制。一般，通过缓冲器 128 把 I/O 信号路径 32 连接到交换机 124，以发送和接收数据。在操作的正常活动模式下，交换机 124 选路

通过光数据 I/O 总线 72 把数据传递到主要 OT 56 (图 3)。把交换机 124 连接到多路复用器 125 和去复用器 126。在操作的等待模式中, 交换机 124 通过多路复用器 125 发送数据, 并把 RF 路径 129 输出到主要 RF 收发机 58 (图 3), 而且交换机 124 接收通过输入 RF 路径 130 和去复用器 126 的, 来自主要 RF 收发机 58 的数据。从而交换机 124 通过混合链路 20 的 RF 链路部分选路传递数据。输出 RF 路径 129 和输入 RF 路径 130 一般形成主要 TIU 60 和主要 RF 收发机 58 之间的 RF 数据 I/O 总线。

当在等待模式中时, 多路复用器 125 一般对控制分组和数据进行多路复用, 而去复用器 126 一般对控制分组和数据进行去复用。然而, 在活动模式中, 一般没有附加数据 (相对于所述附加数据进行控制分组的多路复用或去复用), 因为在活动模式中通过主要 OT 56 (图 3) 发送数据。换言之, 主要或从属 TIU 60 或 68 从相应的主要或从属 RF 收发机 58 或 66 接收到的信息始终包括来自其它站的控制分组 36。当 RF 路径 28 (图 1) 携带数据时, 在分别选路把数据传递到 I/O 信号路径 32 或 34 之前, 主要和从属 TIU 60 和 68 从输入 RF 数据流录取控制分组 36。主要 TIU 60 处理控制分组 36, 并选路而把它传递到主要 OT 56; 同时, 从属 TIU 68 选路而把控制分组传递到从属 OT 64 而无需进一步的处理。

把控制总线 76 连接到微处理器 127、多路复用器 125 和去复用器 126, 以致可以在这些单元中的每一个和主要 OT 56 (图 3) 之间传递控制分组。把从主要 OT 56 接收到的控制分组传递到微处理器 127 和多路复用器 125。如果需要的话, 多路复用器 125 用从交换机 124 接收到的数据对控制分组进行多路复用, 并把控制分组传递到主要 RF 收发机 58 (图 3), 用于发送到从属站 24 (图 1)。如果需要的话, 去复用器 126 对来自从属站 24 通过主要 RF 收发机 58 接收到的控制分组相对于数据进行去复用, 并通过控制总线 76 传递到微处理器 127 和主要 OT 56。微处理器 127 对不管是从主要 OT 56 接收到的还是从从属站 24 接收到的控制分组进行处理, 以确定把混合链路 20 置于操作的活动模式还是操作的等待模式。把微处理器 127 连接到交换机 124 以发送控制信号, 导致根据控制分组 36 的内容使交换机 124 在活动模式和等待模式之间切换。

在上述初始化中, 根据接收到来自主要 OT 56 (图 3) 的带有设置成“初始”状态的矛盾解决字段 44 (图 2) 的控制分组 36, 微处理器 127 把矛盾解决字段 44 信息改变成“操作的”状态。对于任何其它控制分组 36, 微处理器 127 使矛盾解决字段 44 保持不变。

当在活动模式中而且微处理器 127 接收带有设置成“失效”状态的光失效字段 46 (图 2) 的控制分组时, 微处理器 127 启动交换机, 使之从活动模式到等待模式。当在等待模式中而且微处理器 127 接收带有设置成“正确”状态的光失效字段 46 的控制分组 36 时, 微处理器 127 启动交换机, 使之从等待模式到活动模式。此外, 当主要交换机 124 不能检测沿混合链路 20 的光链路部分的信号时, 即使没有设置成“失效”状态的光失效字段 46, 主要站 22 也执行交换机, 使之从活动模式到等待模式。

当在操作的活动模式中操作时, 微处理器 127 控制交换机 124, 把数据从 I/O 信号路径 32 和缓冲器 128 传递到光数据 I/O 总线 72。

在图 6 中示出有关从属 TIU 68 的更多细节。一般, 从属 TIU 68 包括交换机 131、多路复用器 132、去复用器 133 和缓冲器 134, 它们每一个的功能与图 5 中示出的交换机 124、多路复用器 125、去复用器 126 和缓冲器 128 相似。从属 TIU 68 的功能与主要 TIU 60 (图 5) 的功能相似。然而, 虽然从属 TIU 68 可以包括微处理器 (未示出), 但是它不象主要 TIU 60 (见图 5) 那样处理控制分组 36。因此, 完全在主要 TIU 60 中执行把混合链路 20 切换到活动模式还是等待模式的判定。另一方面, 从属 TIU 68 根据是否在光数据 I/O 总线 56 上实际接收到数据而在模式之间切换。一般, 控制线路 (未示出) 把从属 CIU 70 (图 3) 连接到从属 TIU 68 的各单元, 用于它们的远程控制。

把交换机 131 连接到光数据 I/O 总线 74、缓冲器 134、多路复用器 132 和去复用器 133。当在活动模式中时, 交换机 131 通过光数据 I/O 总线 74 和从属 OT 64 (图 3) 发送和接收数据。当在等待模式中时, 交换机 131 选路把数据从 I/O 信号路径 34 和缓冲器 134 传递到多路复用器 132 和输出 RF 路径 135, 以及从输入 RF 路径 136 和去复用器 133 传递到缓冲器 134 和 I/O 信号路径 34。一般, 输出 RF 路径 135 和输入 RF 路径 136 形成从属 TIU 68 和从属 RF 收发机 66 (图 3) 之间的 RF 数据 I/O 总线 82。根据检测到在光数据 I/O 总线 74 上不存在数据, 交换机 131 从活动模式切换到等待模式, 因为在光数据 I/O 总线 74 上缺少数据是主要 TIU 60 (图 3) 已经把混合链路 20 置于等待模式中的一个指示。因此, 尤其是交换机 131, 一般是从属 TIU 68, 执行信号路由器的功能, 用于选路通过合适的光或 RF 路径传递数据。

把控制总线 78 连接到多路复用器 132 和去复用器 133, 以致可以在这些单元中的每一个和从属 OT 64 (图 3) 之间传递控制分组。把从从属 OT 64 接收到的控

制分组传递到多路复用器 132。如果需要的话,多路复用器 132 用从交换机 131 接收到的数据对控制分组 36 进行多路复用,并把控制分组传递到从属 RF 收发机 66 (图 3),用于发送到主要站 22 (图 1)。如果需要的话,去复用器 133 对来自主要站 22 通过从属 RF 收发机 66 接收到的控制分组用数据进行去复用,并通过控制总线 78 传递到从属 OT 64。最好,在从属 TIU 68 中不以任何方法处理控制分组,因为根据交换机 131 中的传统电路检测到光数据 I/O 总线 74 上不存在数据就自动执行活动模式和等待模式之间的切换功能。

主要 TIU 60 处理在主要 OT 56、主要 RF 收发机 58 和主要 CIU 62 (图 3) 之间流动的数据分组中的控制和状态信息。主要 TIU 60 包括缓冲器 128,当命令操作模式从光径 26 切换到 RF 路径 28 时,动态地对从 I/O 信号路径 56 接收到的数据的数据速率进行存储和下变频。使用缓冲器 128 来存储数据,直到命令 I/O 信号路径 32 和 34 (图 1) 所连接的其余通信网或系统(未示出)降低它的数据发送速率以与通过 RF 路径 28 的较低数据发送速率相匹配。如果由于通信网或系统数据发送速率终端一对一终端切换之间的延迟而在活动一到一等待模式切换过程期间发生次要数据丢失,则可以再发送所存储的数据。选择缓冲器 128 的大小以支持高速接口协议,而且可以配置从缓冲器 128 录取比特时的数据速率来支持这些接口。

从属 TIU 68 包括缓冲器 134,当命令从光径 26 到 RF 路径 28 切换时,对从 I/O 信号路径 56 接收到的数据的数据速率动态地进行存储和下变频。使用缓冲器 128 来存储数据,直到通知 I/O 信号路径 56 和 58 所连接的其余网络(未示出)降低它的发送速度。如果由于终端一对一终端切换之间的延迟而在活动一到一等待切换过程期间发生次要数据丢失,则可以再发送所存储的数据。选择缓冲器 128 的大小以支持高速接口协议,而且可以配置从缓冲器 128 录取比特时的数据速率来支持这些接口。

在图 7 中示出,主要和从属 OT 56 和 64 的控制分组发生器 100 和 102 (图 4) 分别执行一般的自适应功率控制过程,以估计所接收光功率电平、调节发射光功率电平以及组合控制分组 36 (图 2)。自适应功率控制过程在活动 and 等待两种模式中操作。在活动模式中,自适应功率控制过程根据在所接收控制分组 36 中携带的信息和所接收光径 26 的功率电平调节光发射功率。在越过地面自由空间区域 30 发射控制分组 36 之前,自适应功率控制过程更新控制分组 36 的内容字段 40 (图 2)。在等待模式中,自适应功率控制过程保持最大功率发射,并且直到混合链路

20 的光链路部分表示通信改进才更新控制分组。在等待模式中，光失效字段 46 将始终表示“失效”状态，直到混合链路 20 的光链路部分适合于数据发送。然后，光失效字段 46 改变成表示允许恢复操作的活动模式的“正确”状态。

在步骤 142 处开始自适应功率控制过程。在步骤 144 处，判定是否已经接收到控制分组 36（图 2）。如果没有接收到，则在步骤 144 处过程进入循环，等待接收到控制分组。如果在步骤 144 处的判定是肯定的，即，已经接收到控制分组，则在步骤 146 处录取各种内容字段 40（图 2）。在步骤 148 处，判定所接收矛盾解决字段 44（图 2）是否表示所接收控制分组 36 是在把矛盾解决字段 44 设置成“初始”状态（即，a0）时的初始化阶段中产生的。如果是，则丢弃控制分组，并且过程返回到步骤 144，以等待下一个控制分组。如果在步骤 148 中的判定是否定的，即，控制分组不是在初始化阶段中产生的，则在步骤 150 处取得将用于更新控制分组的本地参数（例如，根据来自信道估计单元 96 或 98（图 4）的光束质量信号的本地总接收功率，以及根据发射功率更新单元 104 或 106 的设置的本地总发射功率）。

在步骤 152 处，判定光失效字段 46（图 2）是否表示混合链路 20 的光链路部分正在正确地操作，从而展现“正确”状态。如果是，则判定是否表示本地混合链路 20 的光链路部分失效，如果在混合链路 20 的光链路部分的降质比从一个站到另一个站传递控制分组 36 所需的时间更快，则在这个情况中可能发生表示本地混合链路 20 的光链路部分失效。如果不是，则假定混合链路 20 在活动模式中操作，并在步骤 156 处根据所接收功率调节字段 48（图 2）的值判定要向上、向下、还是不调节发射光功率电平。如果在步骤 156 处的判定是否定的，则在步骤 158 处更新控制分组。如果在步骤 156 处的判定是肯定的，即，要调节发射光功率电平，则在步骤 160 处，根据在所接收功率调节量字段 50（图 2）中的值来调节光发射机 108 或 110（图 4）的发射光功率电平。此后在步骤 158 处更新控制分组。在步骤 158 处已经更新控制分组之后，在步骤 161 处结束自适应功率控制过程。

当在步骤 158 处更新控制分组 36 时，矛盾解决字段 44（图 2）保持不变。根据本地总接收功率是否低于最小门限值和本地总发射功率是否已经设置到它的最大值，把光失效字段 46 设置成展现“失效”状态。否则，把光失效字段 46 设置成反映“正确”状态。如果本地总接收功率在最小门限值和最大门限值之间，则把功率调节字段 48 设置成反映“不改变”状态。如果本地总接收功率低于最小

门限值，并且本地总发射功率还不是最大，则把功率调节字段 48 设置成“增加”状态。如果本地总接收功率高于最大门限值，则把功率调节字段 48 设置成“降低”状态。如果把功率调节字段 48 设置成表示“增加”或“降低”状态，则根据本地总接收功率和本地总发射功率，把功率调节量字段 50 设置成相对站 22 或 24 的光功率电平要改变的一个量。用本地总接收功率和本地总发射功率的值装载总接收功率字段 52 和总发射功率字段 54。

如果在步骤 154 处的判定是肯定的，表示本地光链路部分已经失效，则在步骤 162 处更新控制分组。当在步骤 152 处更新控制分组时，矛盾解决字段 44（图 2）保持不变。把光失效字段 46（图 2）设置成表示“失效”状态。因为只有当不可能进一步增加发射光功率电平时才表示光失效，并且因为当表示光失效时不希望降低发射光功率电平，所以最好把功率调节字段 48（图 2）和功率调节量字段 50（图 2）两者都设置成零。用本地总接收功率和本地总发射功率的值装载总接收功率字段 52（图 2）和总发射功率字段 54（图 2）。

如果在步骤 152 处的判定是否定的，即，光失效字段 46（图 2）表示光链路部分已经失效，则微处理器 127 将开始从操作的活动模式到等待模式的切换，并在步骤 164 处，判定光链路部分的失效是否也是本地地表示的。如果是，则光链路部分仍不操作，混合电路仍处于等待模式中，并在步骤 166 处相应地更新控制分组。不改变矛盾解决字段 44（图 2）。保持光失效字段 46（图 2）为“失效”状态。最好，把功率调节字段 48（图 2）和功率调节量字段 50（图 2）设置成零。用本地总接收功率和本地总发射功率的值装载总接收功率字段 52（图 2）和总发射功率字段 54（图 2）。在步骤 166 处更新控制分组之后，在步骤 161 处结束过程。

如果在步骤 164 处的判定是否定的，表示本地光链路部分正在正常地操作，则在步骤 168 处假定要恢复光径 26，并相应地更新控制分组。当在步骤 168 处更新控制分组时，矛盾解决字段 44（图 2）保持不变。根据本地总接收功率低于最小门限值和已经把本地总发射功率设置到它的最大值，把光失效字段 46（图 2）设置成“失效”状态。否则，把光失效字段 46 设置成“正确”状态。如果本地总接收功率在最小门限值和最大门限值之间，则把功率调节字段 48（图 2）设置成表示“不改变”。如果本地总接收功率低于最小门限值，并且本地总发射功率还不是最大，则把功率调节字段 48 设置成表示“增加”。如果本地总接收功率在门限值以上，则把功率调节字段 48 设置成表示“降低”。如果功率调节字段 48 设置成表示“增加”或“降低”，则根据本地总接收功率和本地总发射功率，把功率调节

量字段 50 (图 2) 设置成相对站 22 或 24 的光功率电平要改变的一个量。用本地总接收功率和本地总发射功率的值装载总接收功率字段 52 (图 2) 和总发射功率字段 54 (图 2)。在步骤 168 处更新控制分组之后, 在步骤 161 处结束过程。

在图 8 中示出在微处理器 127 的控制下主要 TIU 60 (图 3) 在活动模式和等待模式之间切换的过程。在步骤 170 处开始该过程。在步骤 171 处, 判定在控制分组 36 中的矛盾解决字段 44 (图 2) 是否设置成表示初始化。如果是的, 则在步骤 172 处, 把矛盾解决字段 44 改变成“操作的”。这个改变发生于在混合链路 20 的初始化时产生的初始控制分组 36 上。在步骤 173 处, 判定是否把光失效字段 46 (图 2) 设置成表示“正确”状态。如果是的, 则在步骤 174 处, 判定当前混合链路 20 是否正在等待模式中操作。如果是的, 则在步骤 176 处发出从等待模式到活动模式切换的命令。此后, 在步骤 178 处结束该过程。如果在步骤 174 处的判定是否定的, 即, 当前混合链路 20 正在活动模式中操作, 则不需要切换操作的模式, 而过程在步骤 178 处结束。

如果在步骤 173 处的判定是否定的, 即, 在控制分组中的光失效字段 46 (图 2) 表示“失效”状态, 则在步骤 180 处, 判定当前混合链路 20 (图 2) 是否正在活动模式中操作。如果是的, 则在步骤 182 处发出命令, 以从活动模式切换到等待模式, 并且此后过程在步骤 178 处结束。如果在步骤 180 处的判定是否定的, 即, 当前混合链路 20 正在等待模式中操作, 则不需要切换模式, 而在步骤 178 处结束过程。

在图 9 中示出在交换机 131 (图 6) 自动地检测到在光数据 I/O 总线 74 (图 4) 上不存在数据时从属 TIU 68 在活动模式和等待模式之间切换的过程。在步骤 184 处开始该过程。在步骤 186 处, 判定在光数据 I/O 总线 74 上是否存在数据。如果存在, 则在步骤 188 处, 判定当前混合链路 20 是否正在等待模式中操作。如果是的, 则在步骤 190 处, 交换机 131 从等待模式切换到活动模式, 因为在光数据 I/O 总线上存在光数据表示现在光径是可操作的。此后, 在步骤 192 处结束该过程。如果在步骤 188 处的判定是否定的, 即, 当前混合链路 20 正在活动模式中操作, 则不需要切换模式, 而过程在步骤 192 处结束。

如果在步骤 186 处的判定是否定的, 即, 在光数据 I/O 总线 74 (图 4) 上不存在数据, 则在步骤 194 处, 判定当前混合链路 20 是否正在活动模式中操作。如果是的, 则在步骤 196 处, 交换机 131 从活动模式切换到等待模式, 因为光数据 I/O 总线上不存在光数据表示通过光径的失效通信。此后, 过程在步骤 192 处结

束。如果在步骤 194 处的判定是否定的，即，当前混合链路 20 正在等待模式中操作，则不需要切换模式，而在步骤 192 处结束过程。

结合用于控制和状态信息的可靠的通信路径，以及通过混合链路的 RF 链路部分的备用数据通信路径，混合链路 20 具有通过光链路部分高速通信的优点。在把数据流从光链路部分切换到 RF 链路部分时，混合链路 20 损失通信速度或带宽，但是虽然按较低速率，还是能维持整个数据通信。RF 链路部分的可靠性和可用性允许任何时间都可以在主要站和从属站 22 和 24 之间可靠地交换控制和状态数据，所以即使在对于光链路部分的最优化使用为负面的大气条件下，也可以维持主要站和从属站 22 和 24 的同步和功率对称。即使当光链路部分失效时，在主要站和从属站 22 和 24 之间仍共享有关光链路部分的控制和状态信息。在获得对本发明的完整的理解和领会之后，熟悉本技术领域的人员会明了许多其它的优点和改进。

当前已经在特定程度上描述了本发明的较佳实施例和本发明的改进。已经通过较佳例子而形成本说明。应该理解，通过下列权利要求书来定义本发明的范围，而不应该不必要地受到上述较佳实施例的详细说明的限制。

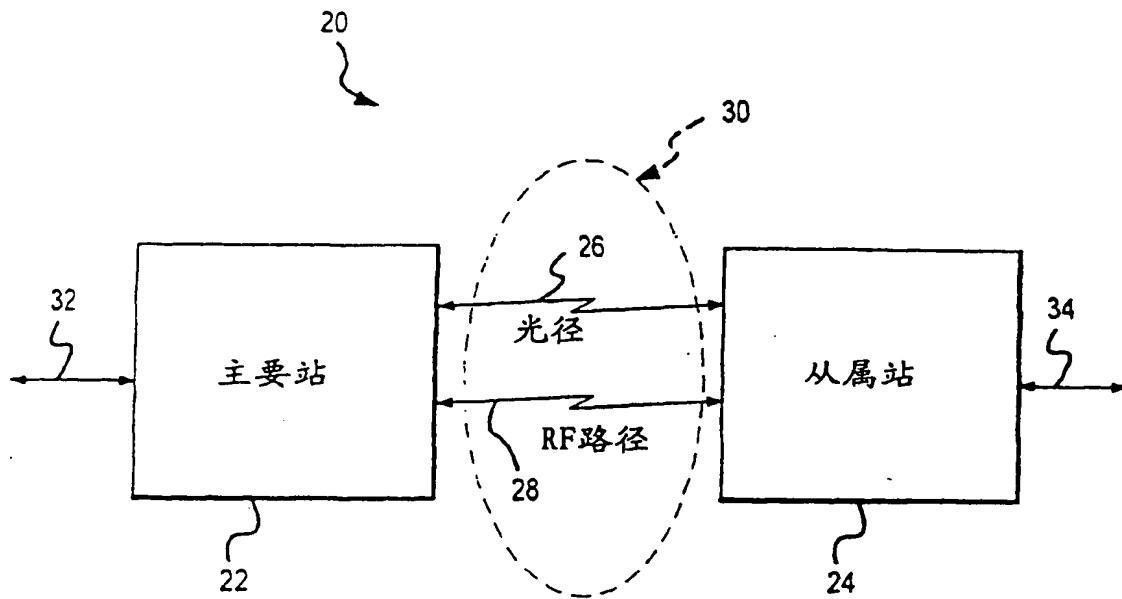
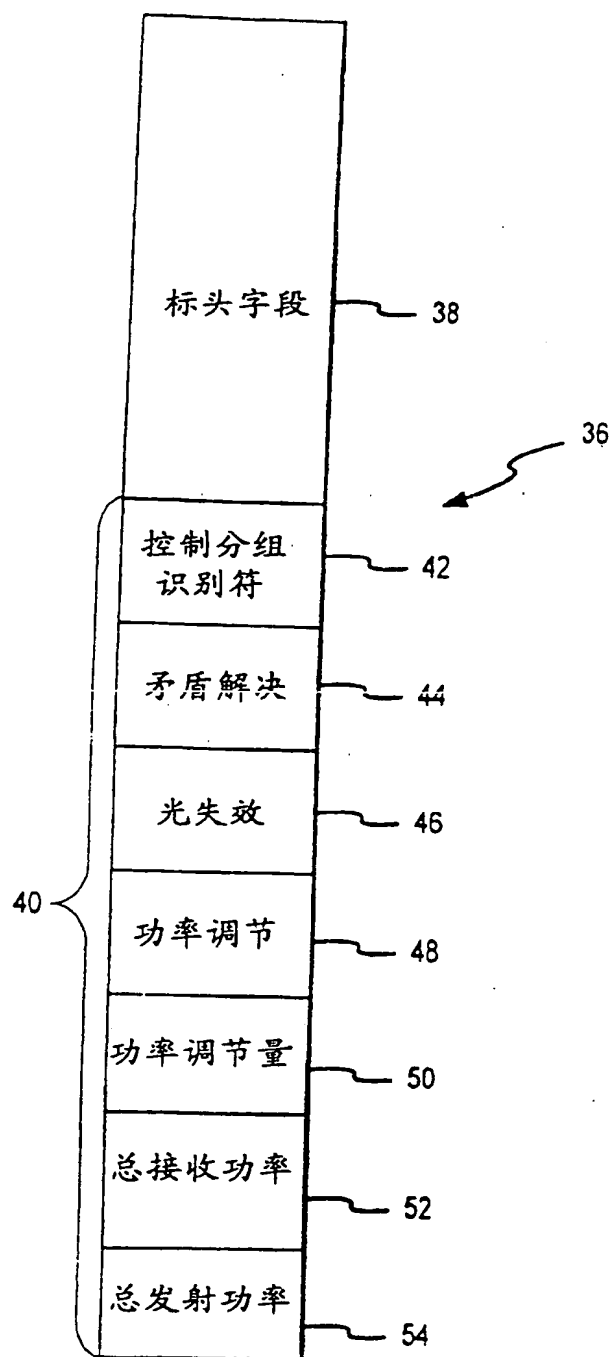


图 1



图

2

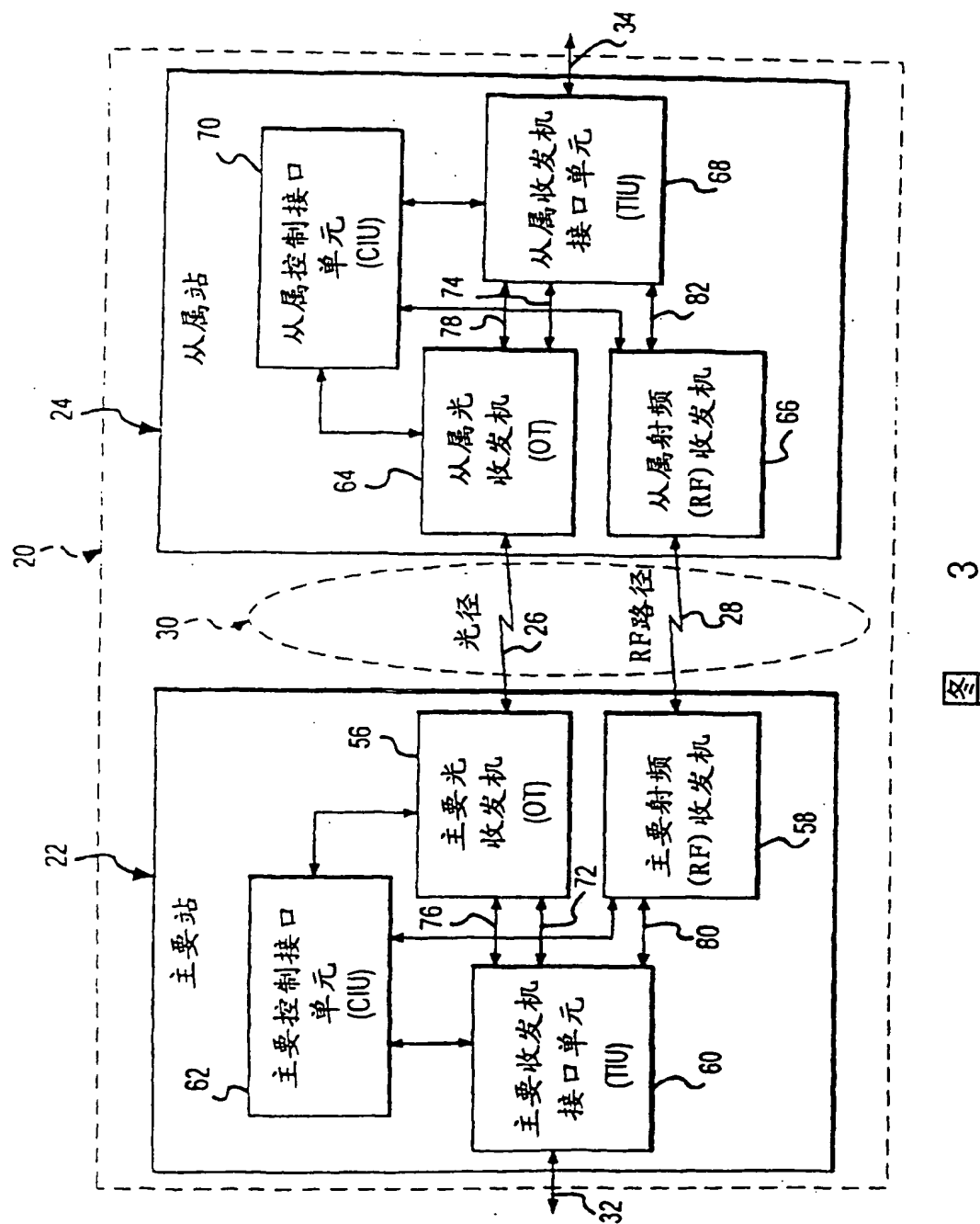


图 3

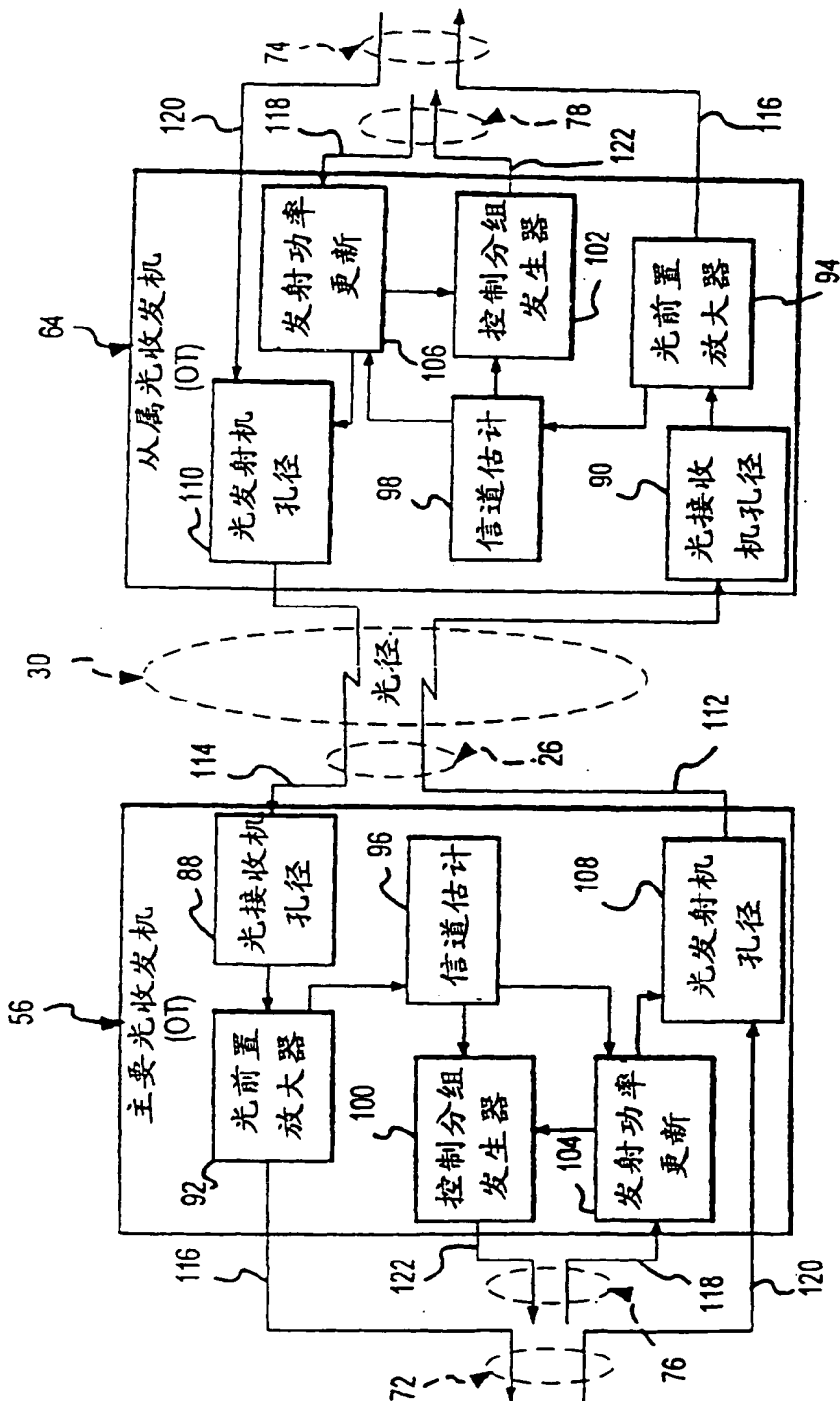


图 4

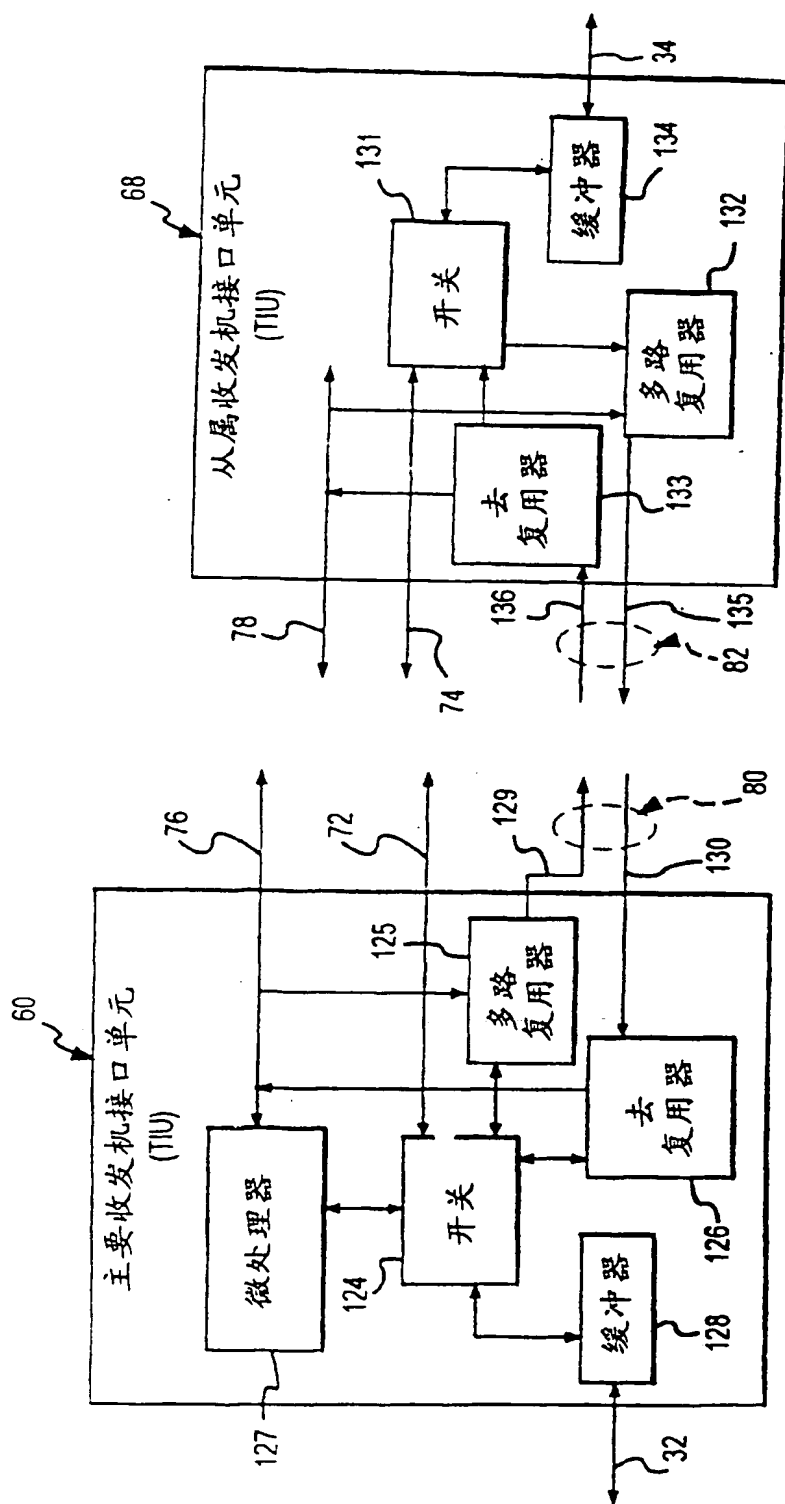


图 5

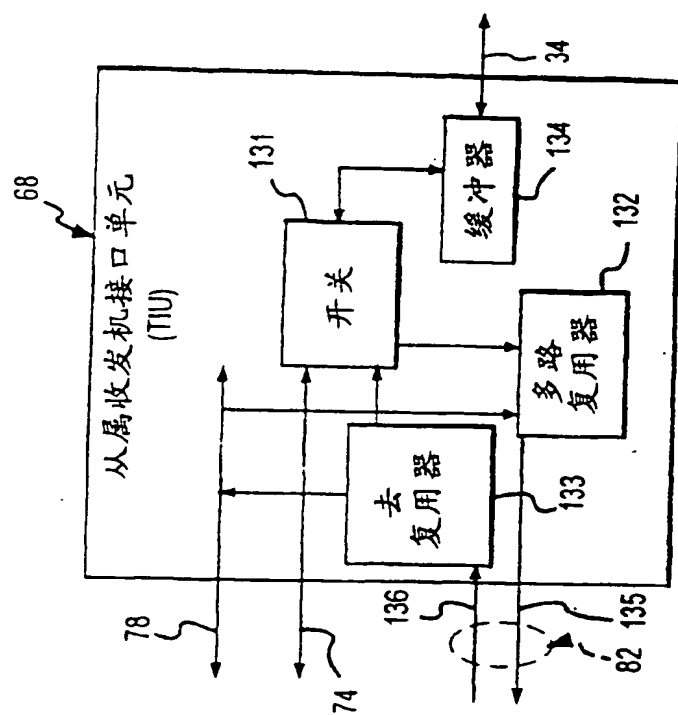


图 6

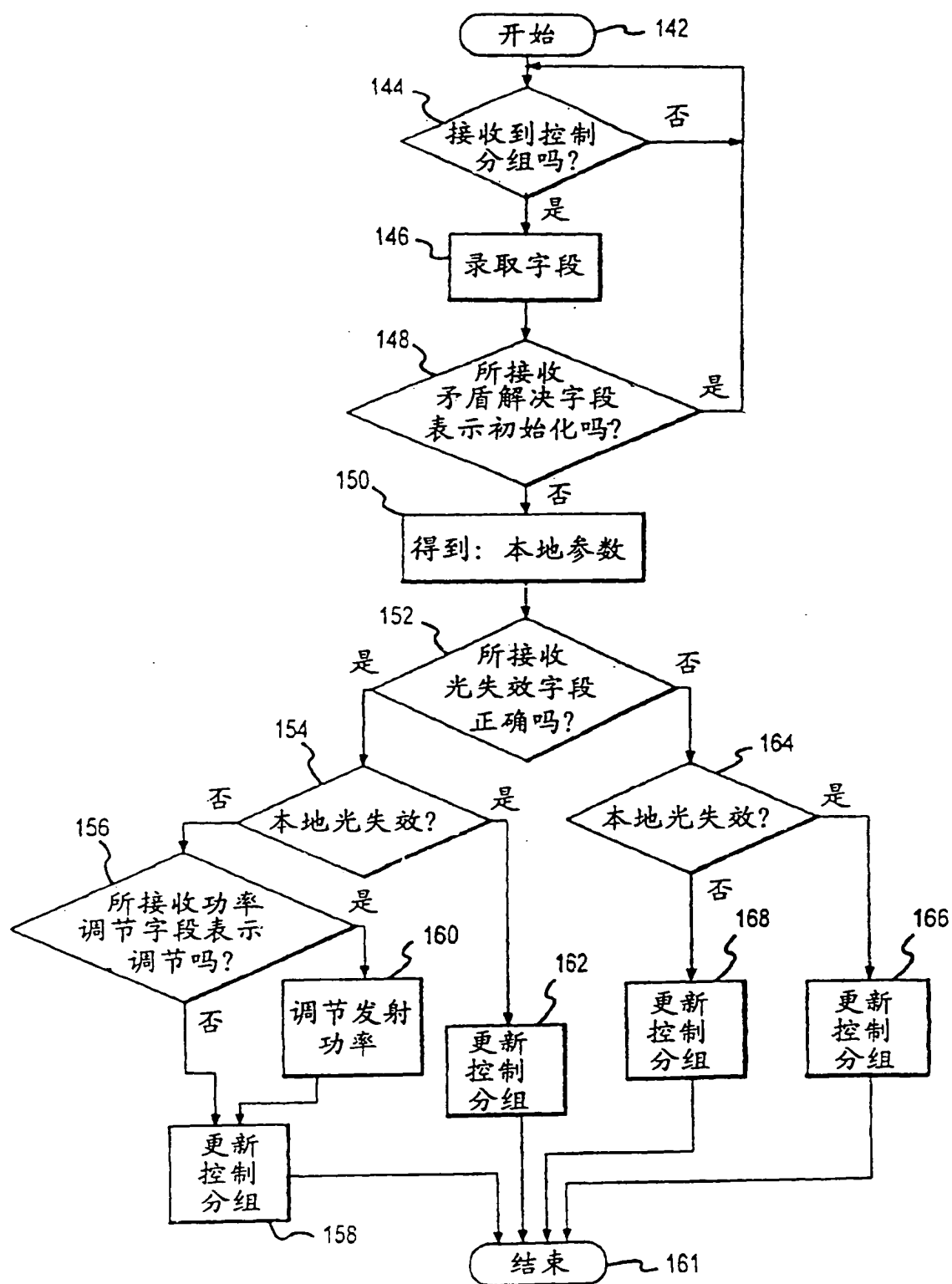


图 7

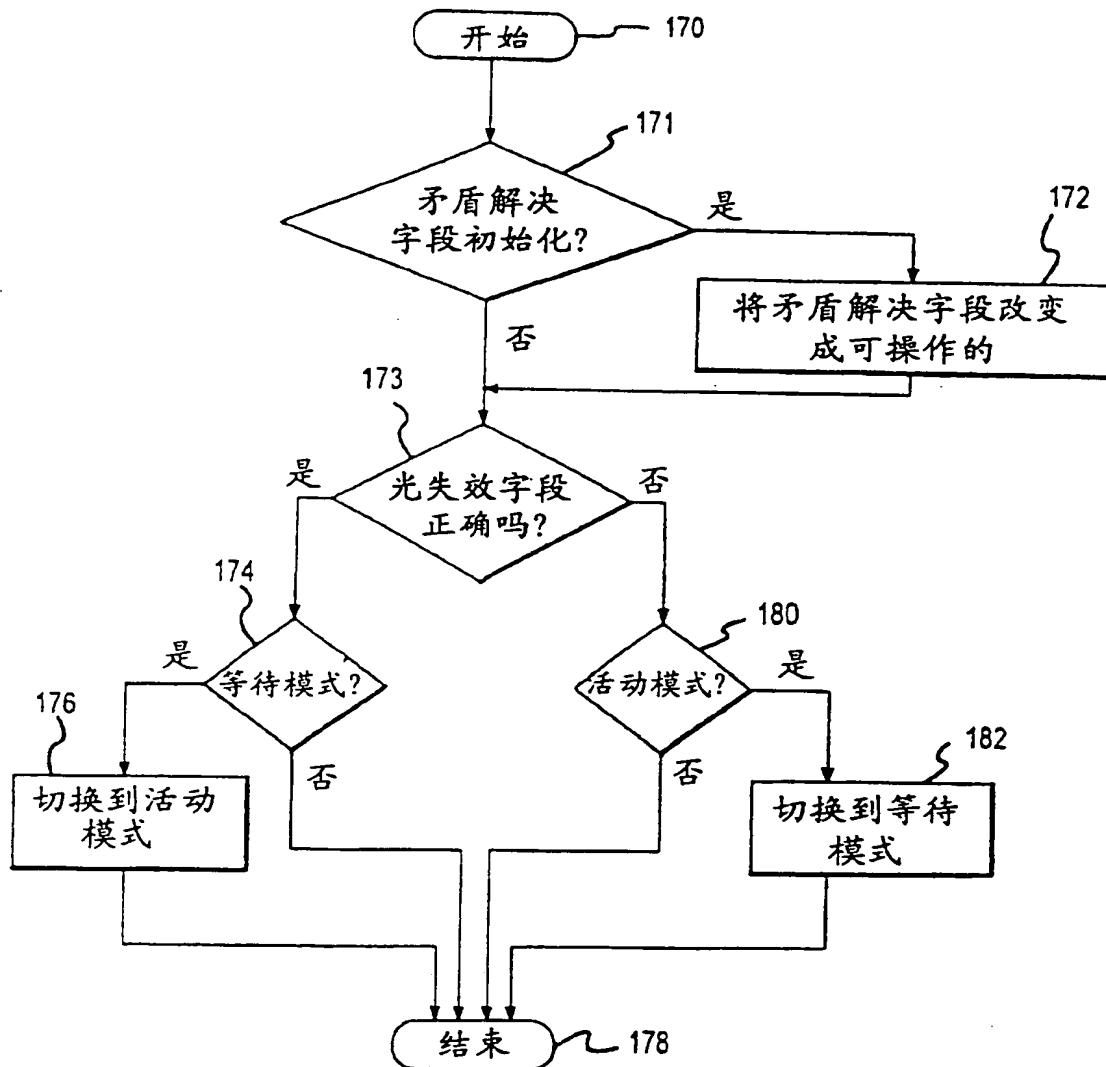


图 8

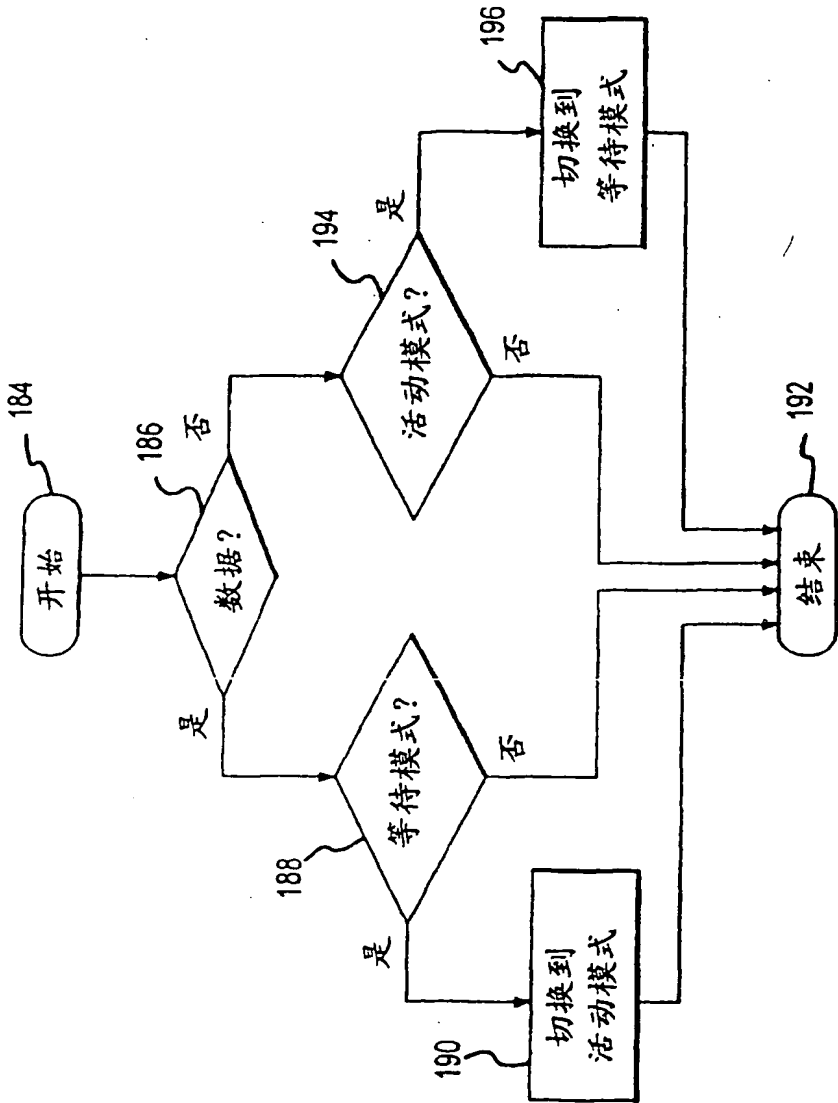


图 9